

# اتجاهات الأمطار اليومية القصوى في منطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية

د. محمد فضيل بوروبه

أستاذ الجغرافيا المشارك

جامعة الملك سعود - كلية الآداب - قسم الجغرافيا

## اتجاهات الأمطار اليومية القصوى في منطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية

د. محمد فضيل بوروبه

### ملخص:

تتم عادة الدراسات المناخية وغيرها من الدراسات الجغرافية الطبيعية التي تعتمد في كثير من جوانب بحثها على خصائص الأمطار وعلى التباينات المكانية والزمنية لتوزيعها الجغرافي دون دراية بالأهمية الإحصائية لكميات الأمطار المسجلة بمحطات قياس الأمطار والمحطات المناخية . ولذا فإن البحوث والدراسات التي تتناول أساساً أو جزئياً تحليل خصائص الأمطار تغفل كثيراً الأهمية للنتائج الإحصائية للأمطار المعالجة بواسطة السلاسل الزمنية . وعليه فإن هذه الدراسة تتناول تحديد الأهمية الإحصائية لاتجاهات الأمطار اليومية القصوى وهي أعلى كميات من الأمطار المتساقطة خلال يوم واحد في كل سنة بمجموع ١٢ محطة تقع بمنطقة الرياض لسببين. الأول هو كون كميات الأمطار السنوية والفصلية ترتبط في تبايناتها الزمنية والمكانية بشكل كبير بأعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة من جهة. أما السبب الثاني هو طبيعة هطول هذه الأمطار على شكل عواصف ممطرة يؤدي بعضها إلى حدوث جريان سطحي وسيول غزيرة .

وسيتم تحليل اتجاهات أعلى كميات من الأمطار المتساقطة خلال يوم واحد في كل سنة بطريقة المتوسطات المتحركة لفترات ٥ سنوات بكل محطة وبطريقة المتوسطات النصفية وبطريقة علاقة خط الانحدار المستقيم المعروفة أحياناً بطريقة المربعات الصغرى لأنهما من أكثر الطرق الإحصائية دقة في هذا المجال . وسوف يتناول الفحص الإحصائي تحديد الأهمية الإحصائية لطريقة المتوسطات النصفية بإخضاع المتوسط النصفى لكل فترة بكل محطة لفحص الخطأ المعياري للفرق الإحصائي بين المتوسطين  $X_1 - X_2$  وكذلك تحديد الأهمية الإحصائية لطريقة علاقة خط الانحدار المستقيم بإجراء فحوص إحصائية لمعامل الارتباط "r" ومعامل الانحدار "b" بواسطة طريقة "t" ستودنت مع حساب معامل تفسيرها "r<sup>2</sup>" والخطأ المعياري للتقدير (S E) وحساب النسبة المئوية للانحراف المعياري ( $\sigma\%$ ) ثم حساب القيمة الحقيقية لمعامل الانحدار "b" ند مستوى الأهمية ٩٥ % .

## Abstract

Climate and other geophysical studies rely heavily on many aspects of rainfall characteristics and the spatial and temporal variations of geographical distribution without knowing the statistical significance of rainfall registered in the stations recorded rainfall and climate stations. Therefore, the research and studies dealing primarily or partly with the rainfall analysis drop much statistical significance of the studied time series rains. So, this study aims to determine the statistical significance of maximum daily rainfall trends in 12 stations located in Riyadh because annual and seasonal precipitations depend in the temporal and spatial contrasts on daily rainfall extremes.

The daily maximum rainfall trends will be analyzed applying the moving averages to periods of 5 years in each station, semi means method and a straight linear regression relationship, known sometimes as least-squares method because it is more accurate statistical methods using in the same studies (Siam, 1995).

The statistical test aims at identifying the statistical significance of the semi means method with examining the semi mean of each period in each rainfall station using the standard error of statistical difference between average 2 S.E  $|X_1 - X_2|$ . In addition, it determines the statistical significance of straight linear regression relationship using the "t" student test of the correlation coefficient "r" and the regression coefficient "b" with its "r<sup>2</sup>" Coefficient of determination, the standard error of estimate (S E), the percentage of the standard deviation (%  $\sigma$ ) and the true value of the regression coefficient "b" at the significance level of 95%.

## المقدمة

لقد ظهرت منذ سبعينات القرن الماضي العديد من الدراسات التي اهتمت بتحليل اتجاهات الأمطار في مناطق كثيرة من العالم بقصد إبراز التغيرات المناخية على سطح الأرض مثل تلك التي قام بها كل من كاربونيل وهويرت عن تدني معدلات الأمطار برومانيا وبلغاريا (Carbonnel and Hubert, 1994). كما قام الكثير من الباحثين بتحليل السلاسل الزمنية لسجلات الأمطار والمياه في غرب إفريقيا لمناطق ممتدة من النيجر حتى السنغال بهدف تحديد اتجاهات الأمطار بهذه المناطق (Paturel et al., 1997)

وأظهرت بعض الدراسات الأخرى التي تمت بالسهول الكبرى في الولايات المتحدة الأمريكية حدوث تغيرات واضحة في توزيع الأمطار بهذه السهول منذ بداية الستينات من القرن الماضي (Grabrecht and Rossel, 2000 and 2001). كما أشارت بحوث أخرى أجريت لأمطار حوض نهر الأمازون بالبرازيل إلى وجود تباينات مهمة في توزيع كميات الأمطار منذ ١٩٧٥ م أدت إلى تدني معدلات الأمطار بشمال الحوض وارتفاعها بجنوبه (Marengo, 1999).

ويعتقد الباحثون بإمكانية حلول فترة مناخية جافة جديدة منذ بداية سبعينات القرن الماضي بسبب حدوث اضطرابات في دورة الغلاف الجوي ودورة الغلاف المائي ناتجة عن التأثيرات الإقليمية لمسارات التيار النفاث والتوزيع الجغرافي لمراكز الضغط الجوي المنخفض وتدني معدلات الأمطار (Pashiardis, 2002). كما دلت بعض الدراسات الأخرى على تدني كميات الأمطار بوسط وجنوب أوروبا المحيطة بحوض البحر المتوسط بسبب حدوث تذبذبات مهمة في التوزيع الجغرافي (المكاني) والزمني للمؤثرات الجوية تتزامن مع جفاف المناخ وزيادة الطلب على المياه (Mehta and Millan et al., 2005 ; Yang, 2008).

وتؤكد الدراسات التي أجريت على سجلات الأمطار وجود تدني حاد في معدلات الأمطار بلغ ١٣٥ ملم خلال خمسينيات القرن الماضي بالمناطق الجنوبية من إيطاليا (Brunetti et al., 2004 ; Brunetti et al., 2006).

ولقد أشارت دراسات أخرى إلى انخفاض المعدلات السنوية للأمطار بأقاليم متفرقة من جنوب إيطاليا منها إقليم كامبانيا (Campania (Diotado, 2007) وأقاليم باسيليكانا Basilicata و كانسيلييرا Cancelliera ورسسي Rossi (Piccarreta et al., 2004) وجزيرة صقلية (Cannarozzo et al., 2006). وهناك دراسات أخرى تشير إلى تناقص كميات الأمطار السنوية منذ عشرينيات القرن الماضي بشبه جزيرة إيبيريا (إسبانيا) بالإضافة إلى وجود تباينات مكانية وموسمية في توزيع كميات الأمطار بسبب ظروف الجفاف الناتجة عن حدوث زحزحة النظام القطبي نحو الشمال أدت إلى انخفاض تذبذب المؤثرات الجوية لشمال المحيط الأطلسي والمؤثرات الجوية للبحر المتوسط والمؤثرات الجوية لغرب البحر المتوسط (Lopez-Bustinst et al., 2006 ; Pareds et al., 2008 ; Gonzalelez-Hidalgo et al., 2009 and 2010 ; Rodrigo, al., 2010 ; Lopez-Morino et al., 2010).

و توصلت دراسة أخرى لاتجاهات الأمطار خلال الفترة الممتدة من ١٨٧١ إلى ٢٠٠٥ م بإقليم كيرالا بالهند وجود تذبذب واضح لمعدلات الأمطار الموسمية مما أثر على الموارد المائية المستخدمة في توليد الطاقة الكهربائية وعلى تردي المحاصيل الزراعية التي كانت تستفيد لأمد طويل من كميات الأمطار الموسمية (Krishnakumar et al., 2009).

وهناك دراسة أخرى لاتجاهات الأمطار خلال الفترة الممتدة من ١٩٠٠ إلى ٢٠٠٧ م بقرارة استراليا أظهرت وجود تباينات واضحة في توزيع الأمطار بين شمال وجنوب القارة دون حدوث تغيرات مهمة على معدلاتها السنوية (Williams, 1989). كما تبين من خلال خرائط التوزيع الجغرافي لمعدلات الأمطار السنوية وجود ارتفاع واضح لهذه الأخيرة خلال الفترات ٥٩- ١٩٥٠ م و ٧٩- ١٩٧٠ م و ٩٩- ١٩٨٠ م وانخفاض واضح أيضا خلال الفترات ٢٩- ١٩٢٠ م و ٤٩- ١٩٤٠ م و ٦٩- ١٩٦٠ م و ٠٧- ٢٠٠٠ م.

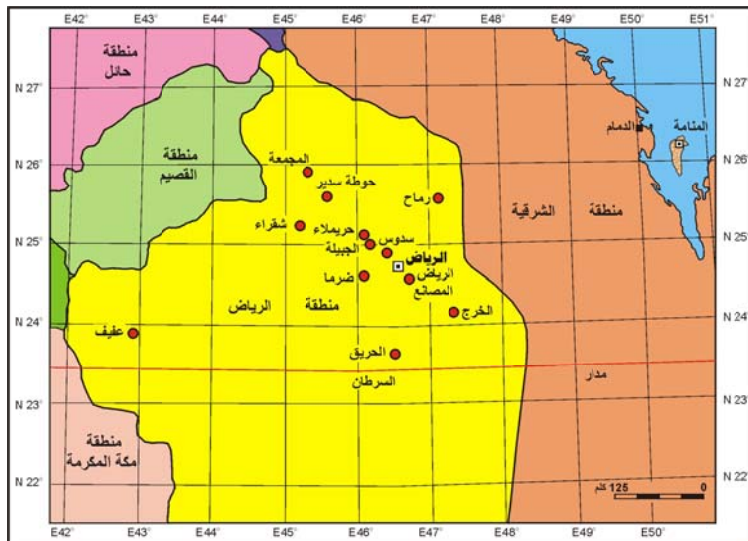
أما باقي الفترات الأخرى فقد اتسمت بمعدلات سنوية للأمطار تتراوح بين ١٦٠ و ١٨٠ ملم/سنة (Schwerdtfeger, 2008).

## اتجاهات الأمطار اليومية القصوى في منطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية

ومن ناحية أخرى توجد هناك العديد من الدراسات التي لم تظهر تغيرات مهمة في نظام تساقط الأمطار كذلك التي تناولت تحليل اتجاهات الأمطار السنوية والفصلية وتوزيعها المكاني (الجغرافي) خلال الفترة الممتدة من ١٩٦٠ إلى ٢٠٠٢ م على مستوى ١٣٤ محطة لقياس الأمطار تابعة للوكالة الوطنية للأرصاد الجوية تغطي مساحة لمجموع ١٣ حوض تصريف بأثيوبيا (Cheung et al., 2008).

وقد لجأ بعض الباحثين إلى تحليل السجلات المطرية السنوية في مواقع مختلفة من العالم بهدف إيجاد علاقات إحصائية بيانية ورياضية تبرز اتجاهات الأمطار المتناقصة خلال سلاسل زمنية طويلة مثل ما قدمه Hare عن أمطار أغاديس بالنيجر وأباتشي بتشاد واليس سبرينجز بأستراليا وجودبور بالهند وفونيكس بالولايات المتحدة الأمريكية. كما وجد مثلاً في بعض محطات الأقطار العربية كما هو الحال في الأردن (شحادة، ١٩٧٨) والعراق (Al Jabouri, 1985) وسوريا (صيام، ١٩٩٥) و (موسى، ١٩٨٨).

تقع محطات قياس الأمطار المدروسة بين دائرتي العرض  $23^{\circ}33'$  و  $25^{\circ}58'$  شمالاً وبين خطي الطول  $42^{\circ}50'$  و  $47^{\circ}20'$  شرقاً (الشكل ١).



الشكل ١ : الموقع الجغرافي لمحطات الأمطار المدروسة

المصدر : عمل الباحث بالاعتماد على المرئيات الفضائية لموقع قوقل إيرث Google Earth .

وتتوزع المحطات المدروسة على النحو التالي (الجدول ١) :

- ١- محطات الشمال الغربي : المجمععة و حوطة سدير و شقراء.
- ٢- محطات الشمال الشرقي : رماح .
- ٣- محطات الجنوب الشرقي : الخرج .
- ٤- محطات الجنوب : الحريق .
- ٥- محطات الجنوب الغربي : عفيف .
- ٦- محطات الوسط : الرياض- المصانع و ضرما والجبييلة سدوس وحريملاء .

المحطة	رقم المحطة	كود المحطة	خط الطول (شرقا)	دائرة العرض (شمالا)	الارتفاع (متر)	نوع البيانات
الحريق	٤٦٣	R104	23°37'04.41"	6°31'21.16"4	٦٧٥	مطر يومي
عفيف	٨٠٠	R202	23°54'57.28"	"34.25'55°42	٩٧٣	مسجل مطر
الخرج	٤٥٣	R002	24°08'52.63"	"87.24'21°47	٦٩٠	مناخية شاملة
ضرما	٤٧٠	R112	24°36'14.24"	"56.45'07°46	٦٧١	مطر يومي
الجبييلة	٤٦٤	R106	24°53'57.32"	"17.52'26°46	٧٣٧	مطر يومي
سدوس	٤٦١	R102	24°59'40.77"	"82.06'13°46	٨٠٨	مطر يومي
حريملاء	٤٦٢	R103	25°07'32.66"	"50.43'07°46	٨٤١	مطر يومي
رماح	٩٥٤	HU103	"000.6'33°52	"00.60'08°47	٥٦٨	مطر يومي
الرياض (المصانع)	٤٥٢	R001	"12.55'33°42	"02.38'44°46	٦٠٢	محطة شاملة
المجمععة	٤٦٠	R101	"05.37'4°52	"88.47'21°45	٧٧١	مطر يومي
حوطة سدير	٤٥٦	R005	"32.26'35°52	"09.30'37°45	٦٨٠	محطة شاملة
شقراء	٤٥٧	R006	"000.6'13°52	"00.00'15°45	٧٣٣	محطة شاملة

الجدول ١ : بيانات مواقع المحطات المدروسة

## موضوع البحث وأهميته

يتناول موضوع الدراسة تحليل أعلى كميات من الأمطار اليومية في السنة للفترة الممتدة من ١٩٧٠ إلى ٢٠١١ م بمجموع ١٢ محطة لقياس الأمطار تابعة لوزارة المياه والكهرباء بهدف تحديد اتجاهات الأمطار وإخضاعها لفحص الأهمية الإحصائية للتأكد من صحة هذه الاتجاهات ومدى تمتعها بأهمية إحصائية عالية تساعد في تحليل التغيرات المكانية والزمنية للأمطار اليومية القصوى بمنطقة الدراسة وفهمها. وتكمن أهمية هذه الدراسة في كونها تسعى إلى تحليل اتجاهات الأمطار اليومية القصوى التي تعتبر مورداً مائياً مهماً خلال فترات الهطول لما لها من قدرة على إحداث تأثيرات بيئية . كما تتجلى أهمية هذه الدراسة في إمكانية التأكد من مدى صحة هذه الاتجاهات إحصائياً للاستفادة منها في فهم التباينات الزمنية والمكانية لنظام توزيع الأمطار بمنطقة الرياض مع إمكانية تعميم هذه الدراسة على مناطق أخرى من المملكة العربية السعودية .

## أهداف البحث

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل اتجاهات أعلى كميات من الأمطار المتساقطة خلال يوم واحد في كل سنة لمجموع ٤٢ سنة ممتدة من ١٩٧٠ إلى ٢٠١١ م بمجموع ١٢ محطة لقياس الأمطار بمنطقة الرياض بواسطة طريقة المتوسطات المتحركة لمدة ٥ سنوات من أجل المقارنة على مستوى كل محطة وطريقة المتوسطات النصفية وطريقة انحدار الخط المستقيم في جميع المحطات .

### ويتم تحليل اتجاهات الأمطار :

أ- بطريقة المتوسطات المتحركة لمقارنة تغيرات الأمطار من ٥ إلى ٥ خمس سنوات متواصلة من سنة ١٩٧٠ م حتى ٢٠١١ م بكل محطة .

ب- بإخضاع المتوسطين النصفيين لكل سلسلة زمنية بكل محطة لفحص الأهمية الإحصائية بواسطة الخطأ المعياري عند مستوى الاحتمال ٥ % (S.E ٢) وعند درجة الحرية المناسبة له .



ت- تحديد معادلة علاقة انحدار الخط المستقيم في كل محطة وبيان أهميتها الإحصائية باستخدام فحص "t" ستودنت لمعامل الارتباط ومعامل الانحدار "b" عند مستوى الأهمية ٥ ٪ وعند درجة الحرية المناسبة له .

## الخطوات المنهجية

### ١- جمع البيانات

تم الحصول على بيانات الأمطار من المحطات المختلفة التابعة لوزارة المياه والكهرباء، وتتسم سجلات الأمطار لهذه المحطات بالعديد من البيانات المفقودة لسنوات كثيرة، ولذا فلقد تم اختيار سجلات الأمطار المكتملة التي تحتوي على بيانات جيدة للأمطار اليومية للفترة ١٩٧٠ - ٢٠١١ م، وقد تم تحليل بيانات الأمطار المتاحة واختيار أكبر كمية من الأمطار المتساقطة خلال يوم واحد في كل سنة لاعتمدها في هذه الدراسة، وقد تم استخراج أعلى كميات الأمطار اليومية في كل سنة من سجلات الأمطار لمجموع ١٢ محطة تقع بمنطقة الرياض ثم تمثيلها بجدول (٢) .

## اتجاهات الأمطار اليومية القصوى في منطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية

السنة	الحريق	عفيف	الخرج	ضرما	الجبيلة	سدوس	حريملاء	رماح	الرياض	المجمعة	حوطة	شقراء
1970	2.5	5.2	4.2	2.3	4.5	17.5	4.5	0.0	4.5	22.0	16.2	18.8
1971	17.0	9.6	13.6	14.4	20.0	30.0	28.5	40.0	20.5	40.0	36.5	22.4
1972	27.0	20.8	21.0	14.4	23.0	37.0	30.0	26.4	17.8	41.0	37.2	16.5
1973	21.0	6.4	8.5	7.6	20.0	10.8	15.0	16.0	13.4	25.0	14.8	11.6
1974	50.0	49.2	9.5	10.1	15.0	50.0	20.0	18.7	9.7	13.0	20.2	22.5
1975	18.0	142.8	11.5	10.0	27.8	23.0	29.5	11.6	31.0	19.0	30.6	21.8
1976	15.0	82.0	0.0	29.5	48.0	23.5	21.0	60.0	23.2	34.5	34.3	22.3
1977	16.0	3.4	0.0	13.5	9.0	17.5	16.5	14.0	11.8	0.0	12.2	16.6
1978	16.0	9.8	5.2	40.0	9.5	12.0	22.5	0.0	15.8	7.0	31.8	11.4
1979	8.0	4.2	10.5	5.0	16.0	14.2	31.0	0.0	13.4	0.0	16.8	12.6
1980	12.0	10.8	5.8	45.2	25.0	14.0	60.0	0.0	16.4	0.0	33.2	29.0
1981	11.0	0.2	7.6	4.0	10.0	10.0	14.5	18.5	7.8	2.5	33.2	19.4
1982	13.0	0.1	18.4	21.0	32.0	20.0	28.0	19.5	17.3	22.0	25.4	15.3
1983	50.0	0.8	43.8	14.7	17.0	24.5	29.0	20.4	14.6	6.0	15.2	17.0
1984	23.0	12.0	20.0	5.0	25.0	24.5	36.0	25.2	21.2	12.0	26.2	30.5
1985	9.0	12.6	7.2	8.0	14.0	16.0	22.0	21.5	27.6	27.6	20.4	27.4
1986	20.0	25.6	33.1	8.0	31.0	36.0	15.5	25.5	19.7	17.5	27.6	17.0
1987	8.0	40.0	15.8	14.0	19.0	20.0	16.0	8.5	15.5	35.0	27.2	22.0
1988	23.0	7.2	25.6	19.5	28.0	28.0	22.0	25.5	14.0	14.2	22.4	21.6
1989	22.0	1.0	15.9	20.5	7.0	19.0	12.0	6.3	17.5	20.5	14.8	13.2
1990	14.0	9.2	3.9	8.2	22.0	17.0	30.0	15.2	12.2	30.2	18.5	16.7
1991	5.0	0.0	13.9	6.5	8.0	9.0	18.2	42.5	5.2	56.0	20.0	17.5
1992	13.0	19.0	14.0	7.1	19.0	15.0	14.0	22.5	11.7	32.5	52.8	34.8
1993	42.0	0.0	25.0	17.5	23.0	21.0	21.5	33.4	28.4	42.0	22.0	46.0
1994	15.0	0.0	5.0	7.5	7.0	18.6	13.2	5.7	10.0	16.5	18.6	20.0
1995	40.0	31.5	32.8	27.0	21.0	45.0	43.0	30.5	32.2	52.0	79.8	55.0

الجدول ٢ : بيانات أعلى كميات الأمطار اليومية في السنة بالمحطات المدروسة

## ٢- التحليل الإحصائي للبيانات

لتحديد اتجاهات الأمطار بالمحطات المدروسة تتبع هذه الدراسة الخطوات المنهجية التالية :

١- فحص تجانس أعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة على مستوى كل محطة بتطبيق طريقة هارتلي نسبة Hartley's Fmax-ratio لفرق التباين بين كل فترتين في المحطة الواحدة .

وتتطلب هذه الطريقة تقسيم عدد السنوات المدروسة على فترتين متساويتين إذا كان عدد السنوات زوجياً، أو متماثلتين إذا كان عدد السنوات فردياً . وتحسب قيمة نسبة Hartley's Fmax-ratio بالعلاقة التالية :

$$F_{\max} - \text{ratio} = \frac{\sigma_{\max}^2}{\sigma_{\min}^2} \quad (1)$$

بحيث يمثل :

$\sigma_{\min}^2$  : مربع التباين الأدنى .

$\sigma_{\max}^2$  : مربع التباين الأقصى .

بعد حساب نسبة Fmax-ratio تقارن قيمتها المحسوبة بقيمة Fmax-ratio الحرجة في جدول خاص بذلك عند مستوى الأهمية ودرجة الحرية المناسبين . ويشترط أن تكون قيمة Fmax-ratio المحسوبة أقل من قيمة Fmax-ratio الحرجة لكي تكون كميات الأمطار المسجلة بالمحطة متجانسة إحصائياً .

٢- استخدام طريقة المتوسطات المتحركة لفترات ٥ سنوات بكل محطة .

٣- عند استخدام طريقة المتوسطات التصنيفية تقسم كل سلسلة زمنية للأمطار في كل محطة إلى فترتين متساويتين إذا كان عدد السنوات زوجياً أو شبه متساويتين إذا كان عدد السنوات فردياً .

٤- حساب المتوسط والانحراف المعياري للأمطار كل فترة ثم تحديد خط

الاتجاه العام للسلسلة الزمنية المطرية وهو الخط الذي يمر بالمتوسطين النصفين للفترتين .

٥- حساب معامل ميلان خط الاتجاه العام للسلسلة الزمنية (b) بتطبيق المعادلة

الآتية :

$$b = \frac{X'_2 - X'_1}{T_2 - T_1} \quad (2)$$

بحيث يمثل :

$X'_1$  : متوسط أمطار الفترة الأولى .

$X'_2$  : متوسط أمطار الفترة الثانية .

$T_1$  : الزمن المقابل للفترة الأولى (منتصف الفترة) .

$T_2$  : الزمن المقابل للفترة الثانية (منتصف الفترة) .

٦- إخضاع المتوسط النصفى لكل فترة لفحص الخطأ المعياري للفرق

الإحصائي بين المتوسطين بتطبيق المعادلة الآتية :

$$S.E|X'_1 - X'_2| = \left[ \frac{\hat{\sigma}_1^2}{n_1} + \frac{\hat{\sigma}_2^2}{n_2} \right]^{0.5} \quad (3)$$

بحيث يمثل :

$S.E|X'_1 - X'_2|$  : الخطأ المعياري للفرق بين المتوسطين .

$\hat{\sigma}_1^2$  : أفضل تقدير للانحراف المعياري للمتوسط الأول .

$\hat{\sigma}_2^2$  : أفضل تقدير للانحراف المعياري للمتوسط الثاني .

$n_1$  : عدد الحالات في الفترة الأولى .

$n_2$  : عدد الحالات في الفترة الثانية .

ويستخدم الخطأ المعياري لبيان فيما إذا كانت توجد فروق إحصائية مهمة بين

المتوسطين عند مستوى الاحتمال ٠.٠٥ (٢ S.E) .

٧- فحص الأهمية الإحصائية (t) ستودنت لبيان أهمية الفرق بين المتوسطين عند مستوى الأهمية الإحصائية ٠.٠٥ بتطبيق المعادلة الآتية :

$$t = \frac{|X'_1 - X'_2|}{\left[ \frac{\hat{\sigma}_1^2}{n_1} + \frac{\hat{\sigma}_2^2}{n_2} \right]^{0.5}} \quad (4)$$

وتقارن قيمة (t) المحسوبة بهذه العلاقة مع قيمة (t) المجدولة عند مستوى الأهمية الإحصائية ٠.٠٥ ودرجة الحرية المناسبة (d.f) للفترتين . وتحسب درجة الحرية بتطبيق المعادلة الآتية :

$$d.f = (n_1 + n_2) - 2 \quad (5)$$

٨- استخدام طريقة علاقة انحدار الخط المستقيم (علاقة الارتباط) لتحديد الاتجاهات المطرية . وتحسب علاقة انحدار الأمطار (y) على الزمن (x) بتطبيق معادلة الخط لمستقيم الآتية :

$$y = a + bx \quad (6)$$

بحيث تمثل :

a : ثابت نقطة الأساس (البداية) .

b : ثابت معامل الانحدار .

٩- حساب معادلة الارتباط: ولبيان أهميتها الإحصائية يحسب معامل التفسير (r<sup>2</sup>) والخطأ المعياري للتقدير (S.E) بتطبيق المعادلة الآتية :

$$S.E = \sigma_y (1 - r^2)^{0.5} \quad (7)$$

١٠- حساب الانحراف المعياري النسبي (σ %) بتطبيق المعادلة الآتية :

$$\% \sigma = \frac{S.E}{y'} \cdot 100 \quad (8)$$

١١- تحديد الأهمية الإحصائية لمعامل الارتباط (r) عند مستوى الأهمية ٠.٠٥ باستخدام فحص t ستودنت بتطبيق المعادلة الآتية :

$$t_r = \frac{|r(n-2)^{0.5}|}{(1-r^2)} \quad (9)$$

وتقارن قيمة (tr) المحسوبة بهذه العلاقة مع قيمة (t) الجدولة عند مستوى الأهمية الإحصائية ٠.٠٥ وعند درجة الحرية المناسبة . وتحسب درجة الحرية بتطبيق المعادلة الآتية :

$$d.f = n - 2 \quad (10)$$

بحيث يمثل n عدد الأزواج المستخدمة في السلسلة الزمنية المطرية .

١٢- فحص الأهمية الإحصائية لمعامل الانحدار (b) باستخدام طريقة t ستودنت وتطبيق المعادلة الآتية :

$$t_b = \frac{\left| b \left[ \sum y^2 - \left( \frac{\sum (y)^2}{n} \right) \right] \right|}{\sigma_x} \quad (11)$$

بحيث يمثل :

y : متغير العامل التابع (الأمطار) .

xσ : الأنحراف المعياري للمتغير المستقل (الزمن) .

وتقارن قيمة (tb) المحسوبة بهذه العلاقة بقيمة (t) الجدولة عند مستوى الأهمية الإحصائية ٠.٠٥ .

١٣- حساب الخطأ المعياري لمعامل الانحدار (S.Eb) بتطبيق المعادلة الآتية :

$$S.E_b = \frac{S.E}{\sigma_x \sqrt{n}} \quad (12)$$

## النتائج والتحليل

١- اختبار تجانس كميات الأمطار اليومية القصوى :

للتأكد من تجانس بيانات الأمطار بكل محطة طبق اختبار نسبة "ف" القصوى لهارتلي Hartley's Fmax-ratio على أعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة بالمحطات المدروسة بتطبيق العلاقة (١). ولتطبيق هذه العلاقة على كميات الأمطار تم تقسيم البيانات المطرية للفترة ١٩٧٠ - ٢٠١١ م (٤٢ سنة) بكل محطة إلى فترتين متساويتين (٢١ سنة) (الجدول ٣).

المحطة	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_1^2$	$\sigma_2^2$	$F_{\max c}$
عفيف	34.1	21.5	1162.8	462.3	2.52
ضرما	11.3	10.4	127.7	108.2	1.18
شقراء	5.4	13.2	29.2	174.2	5.98*
سدوس	9.8	12.6	96.0	158.8	1.65
رماح	13.3	20.9	176.9	436.8	2.47
حوطة سدير	8.0	15.7	64.0	246.5	3.85*
حريملاء	11.3	13.2	127.7	174.2	1.36
المجمعة	13.1	15.4	171.6	237.2	1.38
الرياض المصانع	6.2	10.3	38.4	106.1	2.76
الخرج	10.9	10.0	118.8	100.0	1.19
الجبيلة	10.2	11.9	104.0	141.6	1.36
الحريق	12.0	14.5	144.0	210.3	1.46

الجدول ٣ : اختبار تجانس البيانات المطرية بطريقة Hartley's Fmax-ratio

فمن خلال هذا الجدول يتضح أن قيمة "ف" المحسوبة ( $F_{\max C}$ ) تتراوح بين ١.١٨ بمحطة ضرما و ٥.٩٨ بمحطة شقراء . وبما أن قيمة "ف" الحرجة ( $F_{\max t}$ ) تبلغ ٣.٧٢ عند درجة الحرية ٢٠ ( $n-1$ ) وعدد الحالات (الفترات) ( $k=2$ ) و مستوى الأهمية ٠.٠٥ من الجدول الخاص بقيم "ف" الحرجة فإن قيمة "ف" المحسوبة تكون أصغر من قيمة "ف" الحرجة في جميع المحطات عدا محطتي شقراء وحوطة سدير . وعليه فإن أعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة تكون متجانسة إحصائياً بمجموع ١٠ محطات من أصل ١٢ محطة مدروسة .

٢- اتجاه الأمطار بطريقة المتوسطات المتحركة

تعتمد هذه الطريقة على تقسيم السلسلة الزمنية المدروسة بكل محطة إلى فترات زمنية متساوية وحساب متوسط الأمطار لكل فترة ومقارنته بمعدل الأمطار للسلسلة الزمنية لكل محطة . وقد تم تقسيم كل سلسلة زمنية بكل محطة إلى ٨ فترات بخمس سنوات وفترة أخيرة بسنتين تتوزع على النحو التالي :

١- الفترة الأولى : ٧٤ - ١٩٧٠

٢- الفترة الأولى : ٧٩ - ١٩٧٥

٣- الفترة الأولى : ٨٤ - ١٩٨٠

٤- الفترة الأولى : ٨٩ - ١٩٨٥

٥- الفترة الأولى : ٩٤ - ١٩٩٠

٦- الفترة الأولى : ٩٩ - ١٩٩٥

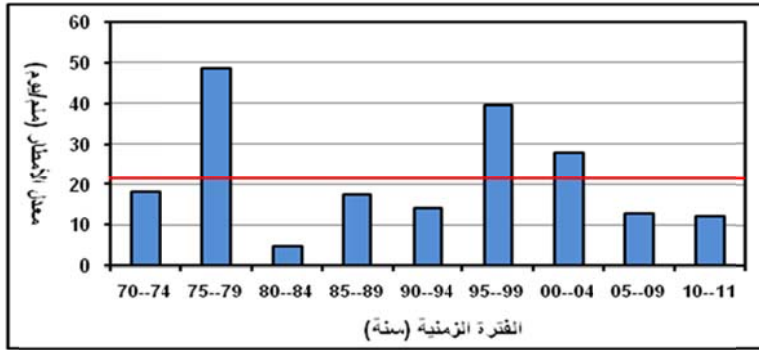
٧- الفترة الأولى : ٠٤ - ٢٠٠٠

٨- الفترة الأولى : ٠٩ - ٢٠٠٥

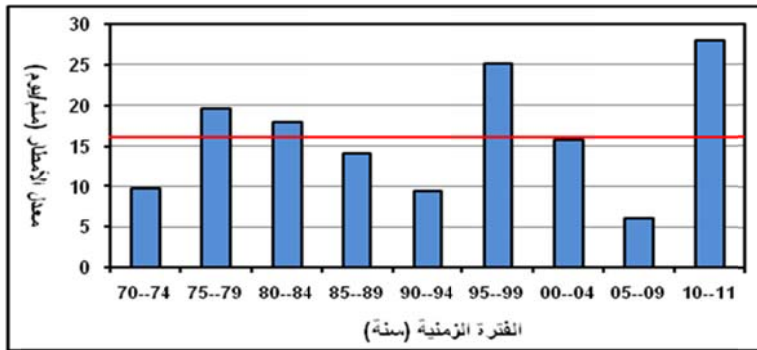
٩- الفترة الأولى : ١١ - ٢٠١٠

ولقد تم تمثيل أمطار هذه الفترات بأشكال بيانية لتحليل اتجاهات أعلى كميات من الأمطار المتساقطة خلال يوم واحد في كل سنة بكل محطة (الأشكال من ٢ إلى ١٣) .

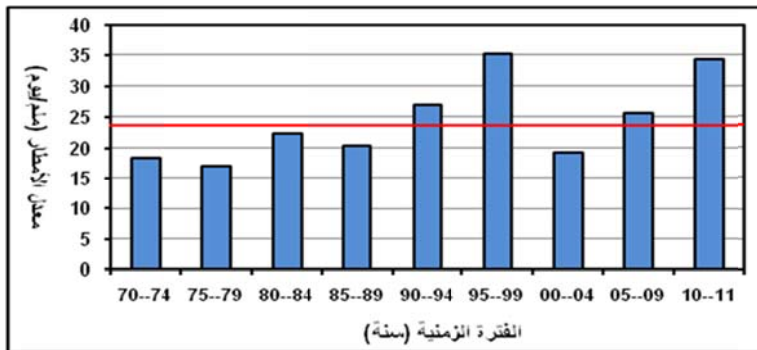




الشكل ٢ : معدلات الأمطار اليومية القصوى للفترة ١٩٧٠ - ٢٠١١ م بمحطة عفيف

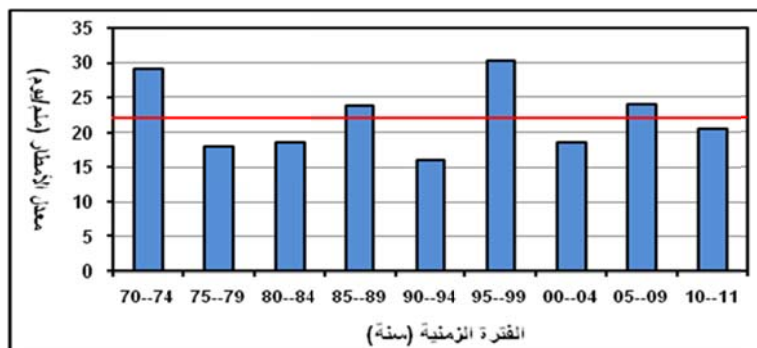


الشكل ٣ : معدلات الأمطار اليومية القصوى للفترة ١٩٧٠ - ٢٠١١ م بمحطة ضрма

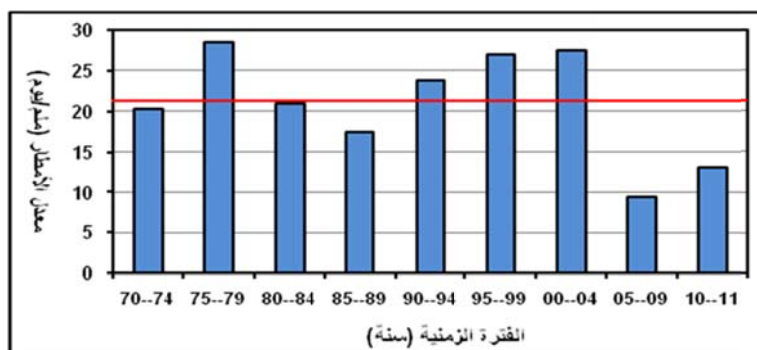


الشكل ٤ : معدلات الأمطار اليومية القصوى للفترة ١٩٧٠ - ٢٠١١ م بمحطة شقراء

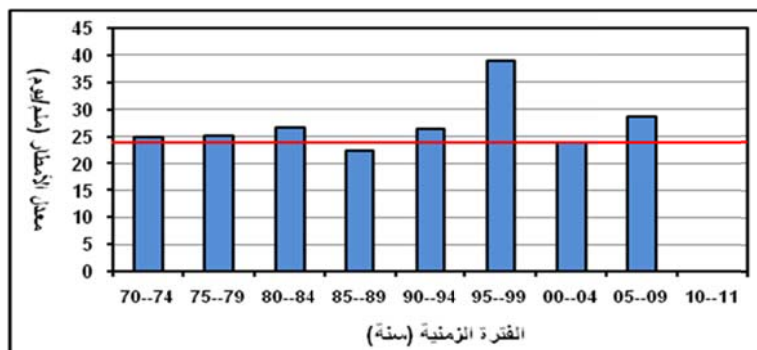
## اتجاهات الأمطار اليومية القصوى في منطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية



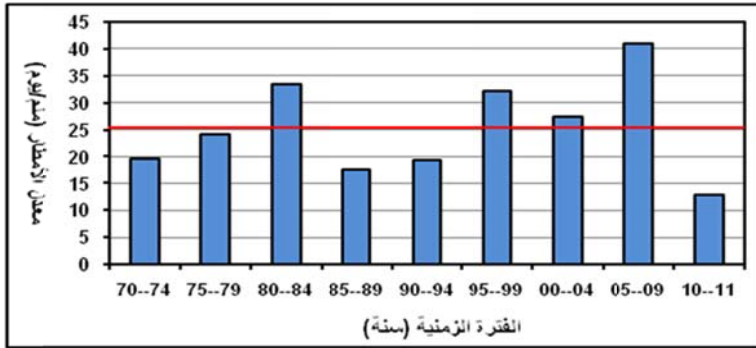
الشكل ٥ : معدلات الأمطار اليومية القصوى للفترة ١٩٧٠ - ٢٠١١ م بمحطة سدوس



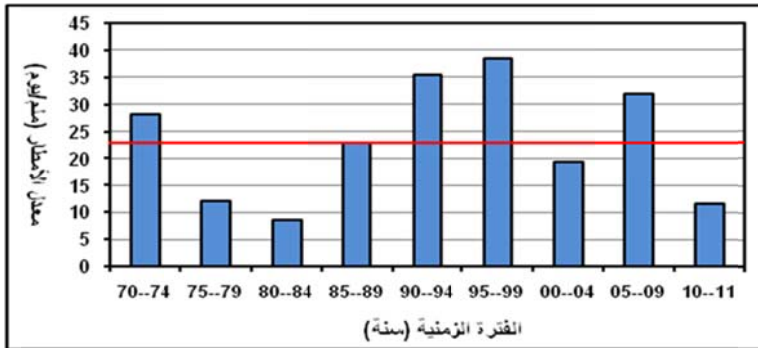
الشكل ٦ : معدلات الأمطار اليومية القصوى للفترة ١٩٧٠ - ٢٠١١ م بمحطة رماح



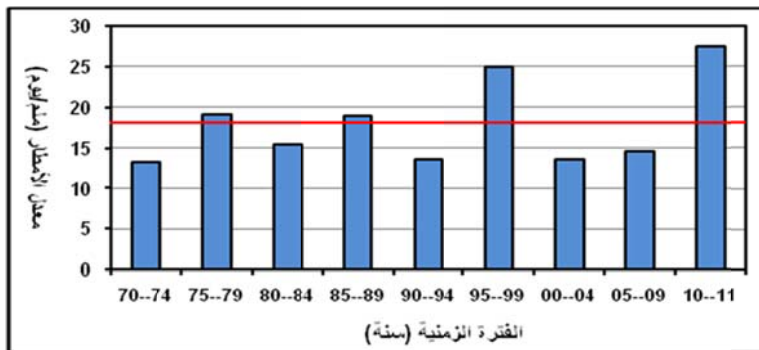
الشكل ٧ : معدلات الأمطار اليومية القصوى للفترة ١٩٧٠ - ٢٠١١ م بمحطة حوطة سدير



الشكل ٨ : معدلات الأمطار اليومية القصوى للفترة ١٩٧٠ - ٢٠١١ م بمحطة حريملاء

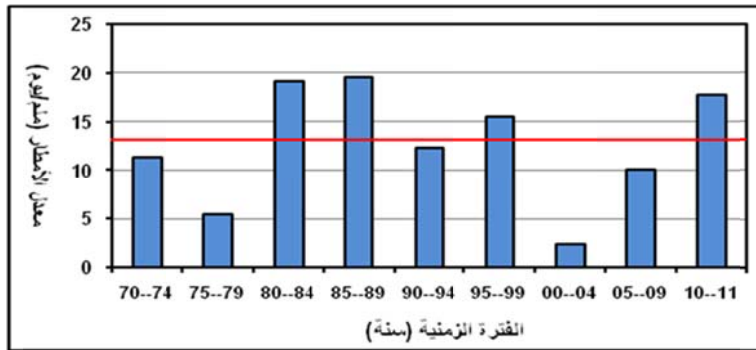


الشكل ٩ : معدلات الأمطار اليومية القصوى للفترة ١٩٧٠ - ٢٠١١ م بمحطة المجمعة

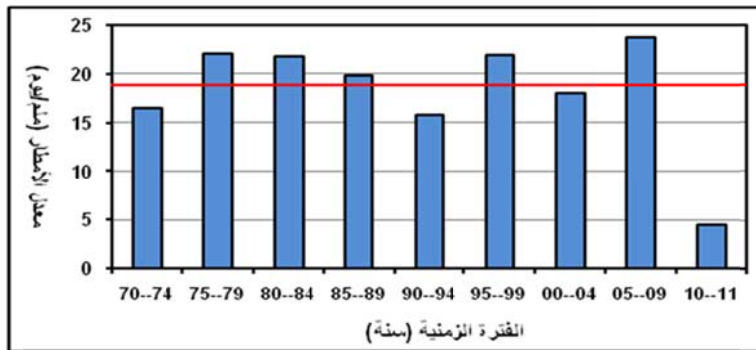


الشكل ١٠ : معدلات الأمطار اليومية القصوى للفترة ١٩٧٠ - ٢٠١١ م بمحطة الرياض - المصانع

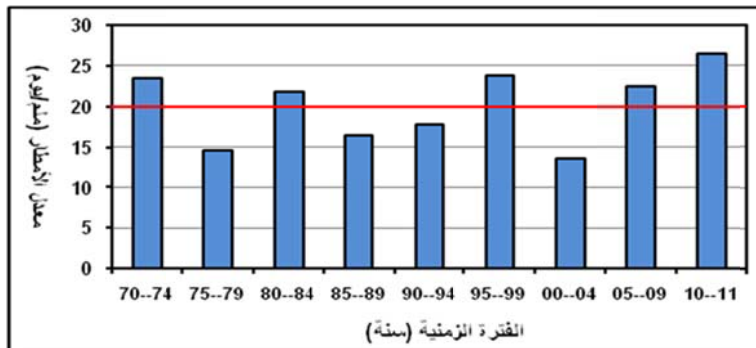
## اتجاهات الأمطار اليومية القصوى في منطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية



الشكل ١١ : معدلات الأمطار اليومية القصوى للفترة ١٩٧٠ - ٢٠١١ م بمحطة الخرج



الشكل ١٢ : معدلات الأمطار اليومية القصوى للفترة ١٩٧٠ - ٢٠١١ م بمحطة الجبيلة



الشكل ١٣ : معدلات الأمطار اليومية القصوى للفترة ١٩٧٠ - ٢٠١١ م بمحطة الحريق

ويتبين من خلال هذه الأشكال صعوبة تحديد اتجاهات الأمطار على مستوى منطقة الرياض نظراً لتباين متوسطات أعلى كميات الأمطار المتساقطة خلال يوم واحد في كل سنة لكل فترة ٥ سنوات من محطة لأخرى عدا الفترة ٩٩- ١٩٩٥ م التي اتسمت بمتوسطات مطرية تفوق المعدل المطري للفترة ١٩٧٠ - ٢٠١١ م بكل محطة (الجدول ٤) .

الفترة	عفيف	ضرما	شقراء	سدوس	رماح	حوطة سدير	حريملاء	المجمعة	الرياض المصانع	الخرج	الجبيلة	الحريق
١٩٧٠-٧٤	١٨.٢	٩.٨	١٨.٤	٢٩.١	٢٠.٢	٢٥.٠	١٩.٦	٢٨.٢	١٣.٢	١٦.٤	١٦.٥	٢٣.٥
١٩٧٥-٧٩	٤٨.٤	١٩.٦	١٦.٩	١٨.٠	٢٨.٥	٢٥.١	٢٤.١	١٢.١	١٩.٠	٥.٤	٢٢.١	١٤.٦
١٩٨٠-٨٤	٤.٨	١٨.٠	٢٢.٢	١٨.٦	٢٠.٩	٢٦.٦	٢٣.٥	٨.٥	١٥.٥	١٩.١	٢١.٨	٢١.٨
١٩٨٥-٨٩	١٧.٣	١٤.٠	٢٠.٢	٢٣.٨	١٧.٥	٢٢.٥	١٧.٥	٢٣.٠	١٨.٦	١٩.٥	١٩.٨	١٦.٤
١٩٩٠-٩٤	١٤.١	٩.٤	٢٧.٠	١٦.١	٢٣.٩	٢٦.٤	١٩.٤	٣٥.٤	١٣.٥	١٢.٤	١٥.٨	١٧.٨
١٩٩٥-٩٩	٣٩.٧	٢٥.٢	٣٥.٢	٣٠.٣	٢٧.٠	٣٩.١	٣٢.٢	٣٨.٤	٢٤.١	١٥.٦	٢١.٩	٢٣.٨
٢٠٠٠-٠٤	٢٧.٨	١٥.٨	١٩.٣	١٨.٦	٢٧.٥	٢٣.٩	٢٧.٤	١٩.٣	١٣.٦	٢.٤	١٨.٠	١٣.٦
٢٠٠٥-٠٩	١٢.٨	٦.٠	٢٥.٧	٢٤.٠	٩.٤	٢٨.٧	٤١.٠	٣٢.٠	١٤.٥	١٠.١	٢٣.٨	٢٢.٤
٢٠١٠-١١	١٢.٠	٢٨.٠	٣٤.٥	٢٠.٥	١٣.٠	٠.٠	١٢.٨	١١.٥	٢٧.٥	١٧.٨	٤.٥	٢٦.٥
المعدل	٢١.٧	١٦.٢	٢٤.٤	٢٢.١	٢٠.٩	٢٤.١	٢٥.٢	٢٣.٢	١٧.٨	١٢.٦	١٨.٢	٢٠.٠

الجدول ٤ : المتوسطات المطرية لفترات ٥ سنوات بمحطات الدراسة

وتتباين المتوسطات المطرية من محطة لأخرى بمنطقة الرياض بحيث نجد أن هذه المتوسطات تبلغ أقصاها بما يعادل ٢٥.٣ ملم/يوم بمحطة حريملاء وأدناها بما يعادل ١٢.٦ ملم/يوم بمحطة الخرج .

وتتسم من ناحية أخرى متوسطات الأمطار لفترات ٥ سنوات بتباينات مكانية وزمانية مهمة بحيث نجد أن هذه المتوسطات تبلغ أقصاها خلال الفترة ٧٩- ١٩٧٥ م بما يعادل ٤٨.٤ و ٢٨.٥ ملم/يوم بمحطتي عفيف ورماح على التوالي و خلال الفترة ٨٩- ١٩٨٥ م بما يعادل ١٩.٥ ملم/يوم بمحطة الخرج و خلال الفترة ٩٩- ١٩٩٥ م بما يعادل ٣٥.٢ ملم/يوم بمحطة شقراء و ٣٠.٣ ملم/يوم بمحطة سدوس و ٣٩.١ ملم/يوم بمحطة حوطة سدير و ٣٨.٤ ملم/يوم بمحطة المجمعة وخلال الفترة ٠٩- ٢٠٠٥ م بما يعادل ٤١.٠ و ٢٣.٨ ملم/يوم بمحطتي حريملاء والجبيلة على التوالي وخلال الفترة ١١- ٢٠١٠ م بما يعادل ٢٨.٠ و ٢٧.٥ و ٢٦.٥ ملم/يوم بمحطات كل من ضرما والرياض- المصانع والحريق على التوالي .

ويلاحظ كذلك من بيانات الجدول ٣ ومن الأشكال البيانية لمتوسطات أعلى كميات الأمطار المتساقطة خلال يوم واحد في كل سنة لفترات ٥ سنوات المتتالية المتوسطة المطرية على النحو التالي :

- ١- تتخفيض المتوسطات المطرية للفترة ٧٤- ١٩٧٠ م بكل المحطات عدا محطات سدوس وحوطة سدير والمجمعة والحريق .
  - ٢- تتخفيض المتوسطات المطرية للفترة ٧٩- ١٩٧٥ م في كل المحطات عدا محطات عفيف وضرماء ورماح وحوطة سدير والرياض- المصانع والجبيلة .
  - ٣- تتخفيض المتوسطات المطرية للفترة ٨٤- ١٩٨٠ م بكل المحطات عدا محطات ضرماء وحوطة سدير وحريملاء والخرج والجبيلة والحريق .
  - ٤- تتخفيض المتوسطات المطرية للفترة ٨٩- ١٩٨٥ م بكل المحطات عدا محطات سدوس والرياض- المصانع والخرج والجبيلة .
  - ٥- تتخفيض المتوسطات المطرية للفترة ٩٤- ١٩٩٠ م بكل المحطات عدا محطات شقراء ورماح وحوطة سدير والمجمعة .
  - ٦- تتخفيض المتوسطات المطرية للفترة ٠٠٤- ٢٠٠٠ م بكل المحطات عدا محطات عفيف ورماح وحريملاء .
  - ٧- تتخفيض المتوسطات المطرية للفترة ٠٠٩- ٢٠٠٥ م بكل المحطات عدا محطات شقراء وسدوس وحوطة سدير وحريملاء والمجمعة والجبيلة والحريق .
  - ٨- تتخفيض المتوسطات المطرية للفترة ١١- ٢٠١٠ م بكل المحطات عدا محطات ضرماء وشقراء والرياض- المصانع والخرج والحريق .
- ولقد تم تلخيص تباينات اتجاهات الأمطار بالمحطات المدروسة في جدول لتسهيل عملية التحليل والمقارنة (الجدول ٥).

ولقد تم ترميز المتوسطات التي تفوق المعدل المطري للفترة ١٩٧٠- ٢٠١١ م

بالإشارة الموجبة والتي تقل عنه بالإشارة السالبة والتي تساويه بالصفر، ومن خلال هذا الجدول يتضح أنه ليس هناك اتجاه واضح لأعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة خلال الفترة المدروسة بمنطقة الرياض.

المحطة	-٧٤ ١٩٧٠	-٧٩ ١٩٧٥	-٨٤ ١٩٨٠	-٨٩ ١٩٨٥	-٩٤ ١٩٩٠	-٩٩ ١٩٩٥	-١٠٤ ٢٠٠٠	-١٠٩ ٢٠٠٤	-١١ ٢٠١٠
عقيف	-	+	-	-	-	+	+	-	-
ضرما	-	+	+	-	-	+	-	-	+
شقراء	-	-	-	-	+	+	-	+	+
سدوس	+	-	-	+	-	+	-	+	-
رماح	-	+	.	-	+	+	+	-	-
حوطة سدير	+	+	+	-	+	+	-	+	-
حريملاء	-	-	+	-	-	+	+	+	-
المجمعة	+	-	-	-	+	+	-	+	-
الرياض المصانع	-	+	-	+	-	+	-	-	+
الخرج	-	-	+	+	-	+	-	-	+
الجبيلة	-	+	+	+	-	+	-	+	-
الحريق	+	-	+	-	-	+	-	+	+

الجدول ٥: نتائج تحليل المتوسطات المتحركة

- (+) : متوسط يفوق المعدل المطري للمحطة .

- (-) : متوسط يقل عن المعدل المطري للمحطة .

- (٠) : متوسط يعادل المعدل المطري للمحطة .

ويتضح من خلال هذه التباينات صعوبة تحديد خط اتجاه لأعلى كمية من الأمطار اليومية بوضوح وبشكل قاطع بمنطقة الدراسة من خلال الأشكال البيانية والمتوسطات المطرية التي تمثلها من جهة كما لا يمكن إخضاع خطوط الاتجاه المطري إلى أي نوع من الفحوص الإحصائية لتحديد أهميتها أو اتجاهها بشكل كمي دقيق . وقد أشار باحثون إلى عدم خلو الاتجاه المشتق بهذه الطريقة من آثار قوى أخرى لا تستطيع هذه الطريقة الكشف عنها ، ولا يمكن الكشف عن العوامل الأخرى المؤثرة في خط الاتجاه

المشتق بأي طريقة ما لم تجر فحوص إحصائية لها تحدد تأثير هذه العوامل . لذا يفضل الاستعاضة عنها بالطرق الرياضية . بالإضافة إلى ذلك فإن المتوسطات المتحركة للفترات المتتابعة تتأثر بالقيم المتطرفة المتدنية والمرتفعة لكميات الأمطار بحيث يكفي أن توجد سنة أو سنتين قليلة الأمطار جدا أو كثيرة الأمطار جدا خلال فترة ٥ سنوات حتى يظهر تأثيرها واضحا في المتوسط المطري . وتنسجم هذه النتائج مع العديد من نتائج الدراسات التي تمت بمناطق مختلفة من العالم على غرار ما بينه جريجوري من استحالة تحديد علاقات تحليلية مشتركة من خطوط اتجاه المتوسطات المتحركة بين تغيرات كميات الأمطار المسجلة والزمن (Gregory, 1970) .

ومن خلال ما تقدم تبدو أن هذه الطريقة تبقى تقريبية لا يمكن الاعتماد عليها في اشتقاق خطوط اتجاه تعكس طبيعة التغيرات الزمنية والمكانية لأعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة التي تعتبر ظواهر طبيعية عشوائية تحتاج إلى تحليل كمياتها بطرق رياضية تمكن من إيجاد خطوط اتجاه محسوبة بدقة وتخضع لإجراء فحوص لأهميتها الإحصائية تؤكد صحتها أو ترفضها .

### ٣- اتجاه الأمطار بطريقة المتوسطات النصفية

يمثل الجدول ٦ نتائج حساب اتجاه الأمطار بطريقة المتوسطات النصفية لأعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة بالمحطات المدروسة وفيه تم حساب متوسط كميات الأمطار لكل فترة  $(X1, X2)$  بكل محطة وعدد سنوات كل فترة  $(n1, n2)$  وعامل ميلان الخط المار بمتوسطي الفترتين  $(b)$  والذي يمثل خط اتجاه الأمطار في المحطة والذي تم حسابه بواسطة العلاقة (٢) .



المحطة	$X_1$	$n_1$	$X_2$	$n_2$	$T_1$	$T_2$	b
عفيف	21.6	21	25.1	21	1980	2001	0.167
ضرماء	15.0	21	15.1	21	1980	2001	0.005
شقراء	19.3	21	28.0	21	1980	2001	0.414
سدوس	22.1	21	22.3	21	1980	2001	0.010
رماح	20.7	21	21.4	21	1980	2001	0.033
حومة سدير	24.5	21	30.1	21	1980	2001	0.267
حريملاء	24.0	21	26.2	21	1980	2001	0.105
المجمعة	18.5	21	29.5	21	1980	2001	0.524
الرياض-المصانع	16.4	21	17.9	21	1980	2001	0.071
الخرج	13.4	21	11.1	21	1980	2001	-0.110
الجبيلة	20.1	21	18.3	21	1980	2001	-0.086
الحريق	18.8	21	20.3	21	1980	2001	0.071

الجدول ٦ : المتوسطات النصفية للأمطار اليومية القصوى بالمحطات المدروسة

ويلاحظ من خلال هذا الجدول :

١- أن أعلى كميات الأمطار اليومية في السنة ذات اتجاه مطري متزايد بكل المحطات عدا محطتي الخرج والجبيلة .

٢- أن جميع الاتجاهات ذات قيم انحدار بسيطة تراوحت قيمها الموجبة بين ٠.٠٠٥ بمحطة ضرماء و ٠.٥٢٤ بمحطة المجمعة وقيمها السالبة بين ( -٠.١١٠ ) بمحطة الخرج و ( -٠.٠٨٦ ) بمحطة الجبيلة .

ولقد بين فحص الأهمية الإحصائية بطريقة الخطأ المعياري للفرق بين المتوسطين  $|S.E|X'_1 - X'_2$  المحسوب بواسطة العلاقة (٣) عدم وجود فروق ذات أهمية إحصائية بين المتوسطين النصفين في جميع المحطات عند مستوى الاحتمال ٥ ٪ بحيث جاءت جميع الفروق بينها أقل بكثير من ضعف الخطأ المعياري للفرق بين المتوسطين . وتعد هذه الفروق الحاصلة غير ذات دلالة إحصائية مهمة لأن احتمالية حدوثها تقل عن ٥ ٪ . ويشترط لأن

يكون الفرق ذا أهمية إحصائية وبالتالي جوهري و حقيقي أن يزيد عن ضعفي أو ٣ أضعاف الخطأ المعياري (٢ S.E) أو (٣ S.E) للفرق وإلا اعتبر غير مهم إحصائياً ومرفوضاً (Gregory, 1970 ; Crowe, 1971). وعليه تعد جميع الاتجاهات المطرية المثلة بخطوط انحدار الفروق بين المتوسطات النصفية ، موجبة أو سالبة ، غير مهمة إحصائياً وغير جوهريّة أو حقيقية ، وهي ناجمة عن عشوائية نظام تساقط أعلى كميات الأمطار اليومية بمنطقة الرياض .

وقد أكد فحص الأهمية الإحصائيّة "t" ستودنت للفرق بين المتوسطات النصفية المحسوب بالعلاقة (٤) والذي يمثل نتائج الجدول ٦ هذه النتيجة أيضاً . فمن خلال هذا الجدول جاءت قيم "t" المحسوبة للفرق بين المتوسطات أقل بكثير من قيمة "t" الحرجة عند مستوى الأهمية ٠.٠٥ وهي ٢.٠٢١ المناسبة لدرجة الحرية (40 (n-2 بمحطات سدوس والرياض- المصانع والخرج و الجبيلة والحرق و ٢.٠٣٧ المناسبة لدرجة الحرية ٣٢ بمحطة عفيف و ٢.٠٢٢ المناسبة لدرجة الحرية ٣٩ بمحطة ضرما و ٢.٠٢٦ المناسبة لدرجة الحرية ٣٧ بمحطتي رماح وحريملاء و ٢.٠٢٤ المناسبة لدرجة الحرية ٣٨ بمحطة حوطة سدير عدا محطتي شقراء والمجمعة . ويشترط لكي يكون الفرق بين المتوسطات النصفية مهماً وجوهرياً أن تكون قيمة "t" المحسوبة بالعلاقة (٤) أكبر من قيمة "t" الحرجة عند مستوى الأهمية ٠.٠٥ ودرجة الحرية المناسبة بالمحطة ، أي أن قيمة  $tt > 0.05$  و إلا اعتبر الفرق الحاصل غير مهم وناتج عن الحظ ومرفوضاً (Gregory, 1970 ; Oliver, 1981). وعليه فإن الاتجاهات المطرية المحسوبة في المحطات المدروسة تمثل جميعها اتجاهات ذات أهمية إحصائية لا يمكن الاعتماد عليها في تحليل التغيرات الزمنية والمكانية المتزايدة أو المتناقصة لأعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة بمنطقة الرياض عدا اتجاهات الأمطار بمحطتي شقراء والمجمعة اللتين أظهرتا اتجاهين متماثلين لتدني متوسطات الأمطار اليومية القصوى خلال الفترة ١٩٧٠ - ٢٠١١ م . وتجدر الإشارة إلى أن متوسط الأمطار اليومية القصوى بهاتين المحطتين هو متماثلاً تماماً و بما يعادل ٢٣.٧ ملم/يوم بمحطة شقراء و ٢٤.٠ ملم/يوم بمحطة المجمعة.

المحطة	$X_1$	$\sigma_1$	$n_1$	$X_2$	$\sigma_2$	$n_2$	$X_1 - X_2$	$2 S.E$	$t_c$	$t_{5\%}$	درجة الأهمية
عفيف	21.6	34.1	21	25.1	21.5	21	-3.5	17.6	0.398	2.0	غير مهم
ضرماء	15.0	11.3	21	15.1	10.4	21	-0.1	6.7	0.030	2.02	غير مهم
شقراء	19.3	5.2	21	28.0	13.2	21	-8.7	6.2	2.810	2.021	مهم
سدوس	22.1	9.8	21	22.3	12.6	21	-0.2	7.0	0.057	2.021	غير مهم
رماح	20.7	13.3	21	21.4	20.9	21	-0.7	10.8	0.129	2.02	غير مهم
حوطة سدير	24.5	8.0	21	30.1	15.7	21	-5.6	7.7	1.456	2.02	غير مهم
حريملاء	24.0	11.3	21	26.2	13.2	21	-2.2	7.6	0.580	2.02	غير مهم
المجمعة	18.5	13.1	21	29.5	15.4	21	-11.0	8.8	2.493	2.021	مهم
الرياض	16.4	6.2	21	17.9	10.3	21	-1.5	5.2	0.572	2.021	غير مهم
المصانع	13.4	10.9	21	11.1	10.0	21	2.3	6.5	0.713	2.021	غير مهم
الخرج	20.1	10.2	21	18.3	11.9	21	1.8	5.2	0.021	2.021	غير مهم
الجبيلة	20.1	10.2	21	18.3	11.9	21	1.8	5.2	0.021	2.021	غير مهم
الحريق	18.8	12.0	21	20.3	14.5	21	-1.5	8.2	0.365	2.021	غير مهم

الجدول ٧ : فحص الأهمية الإحصائية لمعامل الميلان "b" للمتوسطات النصفية بالمحطات المدروسة عند مستوى الاحتمال ٥٪.

٤- اتجاه الأمطار بطريقة علاقة الخط المستقيم (علاقة الارتباط الخطي)

يتضح من خلال نتائج علاقات الارتباط الخطي بين الزمن (المتغير المستقل) وأعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة (المتغير التابع) أن قيمة معامل انحدار الخط المستقيم (b) وقيمة معامل الارتباط (r) جاءت سالبة بست محطات هي عفيف وضرماء وسدوس ورماح والخرج والجبيلة ومحطات الستة الأخرى المتبقية وهي شقراء وحوطة سدير وحريملاء والمجمعة والرياض - المصانع والحريق (الجدول ٨) .

المحطة	$y'$	$\sigma_y$	a	b	r	$r^2$	% $r^2$	S E	% $\sigma$	$t_c$
عفيف	22.9	29.6	397.17	-0.1882	-0.0790	0.0062	0.63	29.51	128.9	0.501
ضرماء	15.0	10.7	74.07	-0.0297	-0.0330	0.0011	0.11	10.69	71.3	0.209
شقراء	23.7	10.9	-505.47	0.2658	0.2992	0.0895	8.95	10.40	43.9	1.983
سدوس	22.2	11.2	49.98	-0.0139	-0.0141	0.0002	0.02	11.20	50.5	0.089
رماح	21.1	17.6	280.03	-0.1300	-0.2881	0.0830	0.83	16.85	79.9	1.903

## اتجاهات الأمطار اليومية القصوى في منطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية

المحطة	y'	$\sigma_y$	a	b	r	r <sup>2</sup>	% r <sup>2</sup>	SE	% $\sigma$	t <sub>c</sub>
حوطة سدير	27.2	12.4	-158.90	0.0935	0.0877	0.0077	0.77	12.35	45.4	0.557
حريملاء	25.0	12.1	-170.58	0.0983	0.0954	0.0091	0.91	12.04	48.2	0.606
المجمعة	24.0	15.2	-425.90	0.2260	0.1828	0.0334	3.34	14.94	62.3	1.176
الرياض المصانع	17.2	8.4	-127.95	0.0729	0.1058	0.0112	1.12	8.35	48.5	0.673
الخرج	12.3	10.4	95.29	-0.0417	-0.0490	0.0024	0.24	10.39	84.5	0.310
الجبيلة	19.2	11.0	183.68	-0.0826	-0.0922	0.0085	0.85	10.95	57.0	0.586
الحريق	19.6	13.1	-150.66	0.0855	0.0800	0.0064	0.64	13.06	66.6	0.508

الجدول ٨ : الفحص الإحصائي لمعامل الارتباط والخطأ المعياري لمعامل الانحدار

ويكون اتجاه أعلى كميات الأمطار اليومية في السنة متناقصاً بالمحطات التي أظهرت قيمة سالبة لمعامل الانحدار ومعامل الارتباط في نفس الوقت ومتزايدة بالمحطات التي كانت بها قيمتا هذين المعاملين موجبة . وعليه يتبين من قيم كل من (r) و (b) الموجبة والسالبة وجود تطابق بين اتجاهات الأمطار المحسوبة بطريقة المتوسطات النصفية في ٨ محطات من مجموع ١٢ محطة مدروسة . فقد جاءت خطوط اتجاه الأمطار متزايدة في ٦ محطات هي شقراء وحوطة سدير وحريملاء والمجمعة والرياض- المصانع والحريق ومتناقصة في محطتين هما الخرج والجبيلة . ولقد تباينت اتجاهات الأمطار المحسوبة بعلاقات الانحدار مع تلك المحسوبة بطريقة المتوسطات النصفية في ٤ محطات هي عفيف و ضرما وسدوس ورماح بحيث أظهرت طريقة المتوسطات النصفية اتجاهات متزايدة في حين أظهرت قيمتا معاملي (r) و (b) اتجاهات متناقصة لأعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة بهذه المحطات . وتدل قيم معامل الارتباط (r) الموجبة التي تراوحت بين ٠.٠٨٠ بمحطة الحريق و ٠.٢٩٩٢ بمحطة شقراء على وجود علاقة ارتباط خطية ضعيفة جداً بين الأمطار والزمن في ٦ محطات هي شقراء وحوطة سدير وحريملاء و المجمعة و الرياض- المصانع ، كما تدل قيم معامل الارتباط السالبة التي تراوحت بين ٠.٠٩٢٢ - بمحطة الجبيلة و ٠.١٤١ - بمحطة سدوس على وجود علاقات ارتباط خطية سالبة وضعيفة جداً أيضاً بين الأمطار والزمن في ٦ محطات أخرى هي عفيف وضرما وسدوس ورماح والخرج

والجبيلة .

وقد بين فحص الأهمية الإحصائي "t" ستودنت لمعامل الارتباط (r) أن قيمة (tc) المحسوبة بالعلاقة (٩) غير جوهريّة حيث أنها تقلّ كلها عن قيمة "t" الحرجة ٢٠٢١. المناسبة لدرجة الحرية ٤٠ عند مستوى الأهمية الإحصائية ٥ ٪ . وقد أظهرت أيضاً قيم معامل التفسير (r2) عدم أهمية أو صلاحية علاقات الارتباط وخطوط انحدارها التي تمثل الاتجاهات المطرية لأعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة بالمحطات المدروسة لأن قيمة (r2) تمثل النسبة الحقيقية من كميات الأمطار التي يستطيع خط الانحدار تفسيرها . وقد تراوحت قيم (r2) بين ٠.٠٢ ٪ بمحطة سدوس و ٨.٩٥ ٪ بمحطة شقراء وهي قيم ضعيفة لا يمكن الاعتماد عليها في تحليل وتحديد اتجاهات أعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة .

ويشترط لكي تكون علاقات الارتباط وخطوط انحدارها صالحة ومقبولة ألا تقل قيمة معامل الارتباط (r) عن ٥٠ ٪ و قيمة معامل التفسير (r2) عن ٢٥ ٪ ( Oliver, 1973) . وتعكس قيمتا معاملي الارتباط والتفسير الضعيفة الطبيعة العشوائية التي يتسم بها نظام تساقط الأمطار بمنطقة الرياض بحيث نجد أن أعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة متذبذبة من سنة لأخرى على مستوى المحطة الواحدة ومتفاوتة من محطة لأخرى خلال نفس السنة دون أن يكون لعامل الزمن أي علاقة تذكر بكمياتها أو باتجاهاتها .

وتتراوح قيم الخطأ المعياري للتقدير (S.E) المحسوبة بالعلاقة (٧) بين ٨.٤ ملم بمحطة الرياض- المصانع و ٢٩.٥ ملم بمحطة عفيف (الجدول ٨) . وتعتبر هذه القيم كبيرة وهي تعكس عشوائية نظام تساقط الأمطار اليومية وعدم ارتباط تغيراتها بعامل الزمن.

وتؤكد قيم النسبة المئوية للانحراف المعياري (σ) ٪ المحسوبة بالعلاقة (٨) وجود عوامل أخرى تتحكم في تغيرات الاتجاهات المطرية لأعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة بمنطقة الرياض بنسب كبيرة تراوحت بين ٤٣.٩ ٪ بمحطة شقراء و ١٢٨.٩ ٪ بمحطة عفيف حيث تجاوز الخطأ المعياري للتقدير متوسط كميات الأمطار بهذه المحطة . ويعزى

## اتجاهات الأمطار اليومية القصوى في منطقة الرياض بالمملكة العربية السعودية

الكثير من هذه العوامل إلى طبيعة الرصد والقياس المتبعة في قياس الأمطار بالمحطة أو إلى عوامل طبيعية أخرى تحتاج إلى دراسة ومتابعة حقلية دقيقة للوقوف عليها وضبطها بدقة على مستوى كل محطة .

وتؤكد قيم معامل الانحدار (b) الضعيفة التي تراوحت قيمها الموجبة بين ٠.٠٧٢٩ ومحطة الرياض- المصانع و ٠.٢٦٥٨ بمحطة شقراء وقيمها السالبة التي تراوحت بين ٠.١٨٨٢ - بمحطة عفيف و ٠.٠٢٧٩ - بمحطة ضرماء على عدم صلاحية خطوط الانحدار الممثلة للاتجاهات المطرية بالمحطات المدروسة . وقد دل فحص الأهمية الإحصائية "t" ستودنت على عدم أهمية قيم معامل الانحدار في جميع المحطات باستثناء محطة عفيف إذ جاءت قيم (tb) المحسوبة بواسطة العلاقة (١١) أقل بكثير من قيم (t) المحددة عند مستوى الأهمية الإحصائية ٥ % (الجدول ٩) .

المحطة	b	n	$\sigma_x$	$t_c$	SE	SE <sub>b</sub>	(-b 5%)	(+b 5%)
عفيف	-0.1882	42	12.3	2.75*	29.	0.37	-0.558	0.182
ضرماء	-0.0297	42	12.3	0.17	10.	0.13	-0.160	0.100
شقراء	0.2658	42	12.3	1.51	10.4	0.13	0.136	0.396
سدوس	-0.0139	42	12.3	0.08	11.2	0.14	-0.154	0.126
رماح	-0.1300	42	12.3	1.20	16.	0.21	-0.340	0.080
حوظة سدير	0.0935	42	12.3	0.66	12.	0.15	-0.057	0.244
حريملاء	0.0983	42	12.3	0.68	12.	0.15	-0.052	0.248
المجموعة	0.2260	42	12.3	1.78	14.9	0.19	0.036	0.416
الرياض المصانع	0.0729	42	12.3	0.32	8.	0.10	-0.027	0.173
الخرج	-0.0417	42	12.3	0.23	10.	0.13	-0.172	0.088
الجبيلة	-0.0826	42	12.3	0.47	10.9	0.14	-0.223	0.057
الحريق	0.0855	42	12.3	0.58	13.	0.16	-0.075	0.246

الجدول ٩: فحص الأهمية الإحصائية لمعامل الانحدار (b) بالمحطات المدروسة

وللتأكد أكثر تم حساب القيمة الحقيقية لمعامل انحدار كل علاقة ارتباط خطية عند مستوى احتمال الأهمية الإحصائية ٩٥ ٪ بواسطة الخطأ المعياري لمعامل الانحدار (S.Eb) بتطبيق العلاقة (١٢) . ويوضح الجدول (٨) أن لكل معامل انحدار (b) موجب أو سالب قيمة حقيقية تتراوح بين القيم السالبة ( - ) والقيم الموجبة ( + ) ، أي يمكن أن يكون لكل خط انحدار اتجاه موجب متزايد أو اتجاه سالب متناقص مما يدل على أنه لا يوجد اتجاه متزايد ثابت أو اتجاه متناقص ثابت لأعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة . ويبدو أن هذه النتيجة تؤكد فعلاً نتائج الفحوص الإحصائية السابقة وتدل على أنه لا يوجد اتجاه واضح وأكد متزايد أو متناقص لأعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة للفترة ١٩٧٠ - ٢٠١١م بجميع المحطات المدروسة . ولذا فإن كل الاتجاهات الحاصلة في أعلى كميات الأمطار اليومية على مستوى ١٢ محطة مدروسة بمنطقة الرياض تعد اتجاهات غير حقيقية وليس لها أي أهمية إحصائية أو عملية كونها ناتجة أساساً عن الطبيعة العشوائية لنظام تساقط الأمطار . كما أن وجود اتجاهات مطرية متزايدة ببعض المحطات وأخرى متناقصة ببعض المحطات الأخرى لا يدل على اتجاه أمطار المحطات الأولى نحو مناخ رطب واتجاه أمطار المحطات الثانية نحو مناخ جاف وهي تقع كلها بنفس المنطقة الجغرافية وبنفس الإقليم المناخي المداري الجاف . وبالتالي فإن تواجد محطة ظهرت أمطارها باتجاهات متزايدة بالقرب من محطة أخرى ظهرت أمطارها باتجاهات متناقصة يعد حاصلاً بمجرد الحظ لا أكثر . ولذا فإن نتائج هذه الدراسة تتوافق مع نتائج دراسات أخرى أكدت حصول اختلافات في اتجاهات الأمطار تحدث بمجرد الحظ أيضاً في كثير من المناطق بالعالم كما تم ذكره في المقدمة .

## الخلاصة

ظهرت هذه الدراسة ضرورة اعتماد تحليل الاتجاهات المطرية على طرق رياضية كمية تخضع نتائجها لفحوص إحصائية تكشف عن احتمالات أهميتها الإحصائية. لذا لا يمكن الاعتماد على الطرق التي لا يمكن التحقق من صلاحية نتائجها كطريقة المتوسطات المتحركة لأنها طريقة تقريبية لا يمكن التأكد من صحة نتائجها وأهميتها

## الإحصائية.

لذا يمكن فإن لطريقة المتوسطات النصفية الرياضية أن تكشف عن الاتجاهات المطرية مع إمكانية إخضاعها لنوعين من الفحوص الإحصائية هما فحص الخطأ المعياري للفرق بين المتوسطين عند احتمال الأهمية ٥ %  $(2 |S.E|X'1-X'2)$  وفحص "t" ستودنت للفرق بين المتوسطات النصفية . وعليه فقد أظهرت المتوسطات النصفية أن اتجاهات الأمطار كانت كلها متزايدة بجميع المحطات باستثناء محطتي الجبيلة والخرج. ولقد اتسمت اتجاهات الأمطار كلها بقيم انحدار بسيطة موجبة وسالبة . ولقد بين فحص الأهمية الإحصائي عدم وجود فروق ذات أهمية إحصائية بين المتوسطين النصفين في جميع المحطات عند مستوى الاحتمال ٥ % بحيث كانت كل الفروق أقل بكثير من ضعف الخطأ المعياري للفرق بين المتوسطين . كما أكد أيضاً فحص الأهمية الإحصائي "t" للفرق بين المتوسطات النصفية هذه النتيجة بحيث كانت قيمة "t" المحسوبة للفرق بين المتوسطات النصفية أقل بكثير من قيمة "t" الحرجة ٢.٠٢١ المناسبة لدرجة الحرية ٤٠ عند مستوى الأهمية ٠.٠٥ .

و عليه يفضل أن تحسب اتجاهات الأمطار بطريقة علاقة انحدار الخط المستقيم (علاقة الارتباط الخطية) لأنها أكثر دقة من الطريقتين السابقتين كونها تأخذ متغير الزمن عند حساب الاتجاه . كما أنه يمكن إخضاع معاملي الانحدار والارتباط لفحوص الأهمية الإحصائية بطريقة "t" ستودنت ومن ثم حساب قيمة معامل الانحدار الحقيقية عند مستوى الاحتمال ٩٥ %  $(2 |S.Eb|)$  وحساب معامل التفسير لعلاقة الانحدار والخطأ المعياري للتقدير (S.E) والنسبة المئوية للانحراف المعياري  $(\sigma\%)$ .

وعليه تساعد فإن كل هذه الفحوص الإحصائية على تحديد أهمية خط الاتجاه وحقيقته وتؤكد صلاحيته من عدمها . ولقد توصلت طريقة علاقة انحدار الخط المستقيم إلى تحديد ٦ اتجاهات مطرية متزايدة و ٦ اتجاهات مطرية متناقصة مع تطابق ٨ اتجاهات منها مع اتجاهات أعلى كميات الأمطار اليومية المحسوبة بطريقة المتوسطات النصفية منها ٦ اتجاهات متزايدة و اتجاهين متناقسين . ولقد جاءت قيم معامل الارتباط بين أعلى



كمية من الأمطار اليومية في السنة والزمن موجبة وضعيفة جداً بست محطات وسالبة وضعيفة جداً بست محطات أخرى . ولقد أكد فحص الأهمية الإحصائي "t" ستودنت لمعامل الارتباط (r) ومعامل التفسير (r<sup>2</sup>) عدم أهمية علاقة الارتباط وخطوط انحدارها التي تمثل الاتجاهات المطرية بالمحطات . كما أن قيم الخطأ المعياري للتقدير جاءت كلها كبيرة تعكس عشوائية نظام تساقط أعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة وعدم ارتباط تغيراتها بالزمن وارتباطها بعوامل أخرى كما أوضحته قيم النسبة المئوية للانحراف المعياري.

ولقد أكد فحص الأهمية الإحصائي "t" ستودنت لمعامل الانحدار (b) هذه النتيجة بحيث جاءت قيم هذا المعامل السالبة والموجبة ضعيفة في جميع المحطات باستثناء محطة عفيف . وعليه فإن جميع الفحوص الإحصائية أكدت عدم وجود اتجاهات حقيقية لأعلى كمية من الأمطار اليومية في السنة بالمحطات المدروسة وأن كل الاتجاهات التي تم تحديدها غير جوهرية وظاهرية لا تتمتع بأي أهمية إحصائية أو عملية . ويجب الأخذ بعين الاعتبار هذه النتائج عند التخطيط لمشاريع شبكات صرف مياه السيول أو مشاريع حصد مياه الأمطار بالمناطق العمرانية لتفادي تأثيرات تذبذب نظام تساقط الأمطار بمنطقة الرياض .

## المراجع

### ١- المراجع العربية

- شحاده ، نعمان ، ١٩٧٨ ، الاتجاهات العامة للأمطار في الأردن ، مجلة دراسات ، الجامعة الأردنية ، المجلد ٥ ، العدد ١ .
- صيام ، نادر محمد ، ١٩٩٥ ، اتجاهات الأمطار في بعض المواقع في سوريا كدراسة إحصائية تحليلية ، سلسلة رسائل جغرافية ، العدد ١٨٧ ، وحدة البحث والترجمة ، الجمعية الجغرافية الكويتية ، جامعة الكويت .
- موسى ، حسن علي ، ١٩٨٨ ، الاتجاه العام للأمطار والحرارة في سوريا ، المجلة الجغرافية ، المجلد ١١- ١٢- ١٣ ، ص ص ٩٧- ١١٣ ، دمشق ، سوريا .

### ٢- المراجع الأجنبية

- Al Jabouri , S. 1985. Trends Periodicities of Rainfall in Iraq , ACSAD, pp. 109-134.
- Brunetti , M ; Buffoni , L ; Mangianti , F ; Maugeri , M ; Nanni , T. 2004. Temperature, precipitation and extreme events during the last century in Italy. Global and Planetary Change 40: 141-149.
- Brunetti , M ; Maugeri , M ; Monti , F ; Nanni , T. 2006. Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series. International Journal of Climatology 26: 345-381.
- Cannarozzo , M ; Noto , L. V ; Viola , F. 2006. Spatial distribution of rainfall trends in Sicily (1921-2000). Physics and Chemistry of the Earth 31: 1201-1211.

-Carbonnel , J.P ; Hubert , P. 1994 . Etude statistique de quelques séries pluviométriques roumaines et bulgares. Incidences sur l'évolution climatique récente, Romanian Journal of Hydrology and Water Resources, 1, 107-113.

-Cheung , W.H ; Senay , A . 2008 . trends and spatial distribution of annual and seasonal rainfall in Ethiopia , International Journal of Climat, published in Wiley InterScience.

-Crowe , P. R. 1971. Concepts in climatology , Grou Ltd , London , pp. 589.

-Diodato , N . 2007. Climatic fluctuations in Southern Italy since 17th century: reconstruction with precipitation records at Benevento. Climatic Change 80: 411–431.

-Grabrecht , J ; Rossel , F. 2000 . The wet decade of the 1980's and 1990's in the Southern Great Plains: How wet? ASCE 2000 joint conference on water resources engineering and water resources planing and management, 30 July - 2 August 2000, Mineapolis, MN, USA, 57-60.

-Grabrecht , J ; Rossel , F. 2001. Decade-scale precipitation increase in the Great Plains at the end of the 20th century. Journal of Hydrologic Engineering to be published.

-Gregory , S. 1970. Statistical methods and Georapher , Longman Grou. Ltd., London, pp. 277.

-Gonz'alez-Hidalgo , J. C ; Lopez-Bustins , J. A ; ˇ Step'anek , P

; Mart'in-Vide , J and de Luis , M. 2009. Monthly rainfall trends on the Mediterraneanfringe of the Iberian peninsula during the second-half of the twentieth century (1951–2000), *Int. J. Climatol.*, 29, 1415–1429.

-Gonz'alez-Hidalgo , J. C ; Brunetti , M and de Luis , M. 2010. Precipitation trends in Spanish hydrological divisions, 1946–2005, *Clim. Res.*, 43, 215–228.

-Krishnakumar , K.N ; Gopakumar , C.S ; Prasad Rao , G.S.L.H.V. 2009. Rainfall trends in twentieth century over Kerala , India, Elsevier, *Atmospheric Environment* 43 (2009), 1940-1944 .

-Lopez-Bustins , J. A ; Martin-Vide , J and Sanchez-Lorenzo , A. 2008. Iberia winter rainfall trends based upon changes in teleconnection and circulation patterns, *Global Planet. Change*, 63, 171–176.

-L'opez-Moreno , J. I ; Vicente-Serrano , S. M ; Angulo-Mart'inez , M ; Beguer'ia , S and El-Kenawy , A. 2010. Trends in daily precipitation on the north eastern Iberian Peninsula, 1955–2006, *Int. J. Climatol.*, 30, 1026–1041.

-Marengo , J. 1999. Interdecadal and long-term variability of the hydrometeorology of the Brazilian Amazon basin. International Symposium "Manaus 99: Hydrological and Geochemical Processes in Large-Scale River Basins", 15-19 novembre 1999, Manaus, Brazil, (Hibam Ed.), 8 p. published on CD-Rom.

-Mehta , A.V ; Yang , S . 2008 . Precipitation climatology over Mediterranean Basin from ten years of TRMM measurements. *Advances*

in Geosciences 17: 87–91.

-Mill'an , M. M ; Estrela , M. J and Mir'o , J. 2005. Rainfall components: variability and spatial distribution in a mediterranean area. Journal of Climate 18(14): 2682–2705.

-Oliver , J. E. 1973. Climate and Mans Environment : An introduction to applied climatology, John Wiley and Sons , ins. New York., London, Sidney, pp. 517.

-Oliver , J. E. 1981. Climatology selected applications , Edward Arnold , V. H. Wiston and Sons , pp 260.

-Paredes , D ; Trigo , R. M ; Garc'ia-Herrera , R and Franco-Trigo , I . 2006. Understanding rainfall changes in Iberia in early spring: weather typing and storm-tracking approaches, J. Hydrometer., 7, 101–113.

-Pashiardis , S. 2002. Trends of precipitation in Cyprus rainfall analysis for agricultural planning , UN Food and Agriculture Organization (FAO), Climagri Workshop, on Development of a regional network on climate change and agriculture for the countries in the Mediterranean region, FAO's headquarters, Rome, Italy.

-Paturel , A ; Servat , E ; Kouame , B ; Lubes, H ; Ouedraogo , M and Masson , J. M . 1997. Climatic variability in humid Africa along the Gulf of Guinea. Part 2: An integrated regional approach. Journal of Hydrology, 191, 16-36.

-Piccarreta , M ; Capolongo , D ; Boenzi , F . 2004. Trend

analysis of precipitation and drought in Basilicata from 1923 to 2000 within a Southern Italy context. *International Journal of Climatology* 24: 907–922.

-Rodrigo , F. S. 2010. Changes in the probability of extreme daily precipitation observed from 1951 to 2002 in the Iberian Peninsula, *Int. J. Climatol.*, 30, 1512–1525.

-Schwerdtfeger , P. 2008. Rainfall Trends on the Continent of Australia - Evaluating the Evidence from the Past Century. (Lead paper) First International Conference on Water Resources and Climate Change of the MENA Region (Muscat, Oman, Nov. 2008) .

-Williams , A. 1989. B.Sc. (Hon) thesis, Murdoch University, Western Australia.